

3. Классическая механика и физика колебаний. Междисциплинарный лабораторный практикум / Н.В. Ощепкова, В.Э. Завистовский, Л.И. Прокопович [и др.]. – Новополоцк: ПГУ. – 2006. – 99 с.

4. Завистовский, В.Э. Междисциплинарный подход в обеспечении качества инженерной подготовки студентов / В.Э. Завистовский, О.Н. Жаркова // Материалы, технологии и оборудование в производстве и эксплуатации, ремонте и модернизации машин. – Т. 1. – Новополоцк: ПГУ, – 2009. – С. 244 – 247.

УДК 621.793

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ С ПОКРЫТИЯМИ

В.Э. Завистовский, С.Э. Завистовский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Прочность металлических изделий как основная характеристика их служебной надежности не теряет своей актуальности и приобретает наибольшую остроту в настоящее время, когда для решения новейших технических задач резко повысилась интенсивность использования несущей способности металла, приводящая к возрастанию вероятности внезапного разрушения конструкции. Наличие покрытия приводит к созданию нового композиционного материала с резко различающимися свойствами сердцевины и поверхности.

Испытания на растяжение проведены на гладких образцах (ГОСТ 1497-84) с покрытием на разрывной машине Р-20 с постоянной скоростью движения захватов 0,005 м/мин. Для разметки рабочей длины образцов использовали универсальную делительную установку модели ДМ-133. Относительное удлинение образца измерялось на всей рабочей длине. Разбивка рабочей длины $l = 100$ мм выполнялась на 20 частей с шагом 5 мм. Определяли относительное удлинение расчетной части образца $\Delta\varepsilon$ в зависимости от приложенной нагрузки F в диапазоне от 0 до 40 кН.

В качестве материала основы использовали конструкционную сталь 20; покрытия получены путем газопламенного, плазменного и электродугового напыления порошков и проволоки на воздухе и объемного термического борирования образцов в электропечи. Напыление образцов производили вручную горелками малой мощности ГН-1, ГН-2 и малогабаритным плазмотроном на установке УПМ-4. Электродуговую металлизацию выполняли на установке ЭМ-6.

По диаграммам растяжения, полученным при испытаниях, определены прочностные и деформационные характеристики (временное сопротив-

ление σ_{ut} , предел текучести σ_y , относительное удлинение δ , относительное сужение площади поперечного сечения ψ), приведенные в таблице.

Таблица

Механические характеристики образцов из Стали 20 с покрытиями при статических испытаниях на растяжение

Материал образца	σ_{ut} , МПа	σ_y , МПа	δ , %	ψ , %
Сталь 20	422,2 - 428,4	243,1 - 252,4	26,4 - 25,4	55,0 - 52,0
Сталь 20 + диффузионное борирование	413,7 - 415,2	222,3 - 228,2	23,2 - 22,0	64,0 - 60,0
Сталь 20 + газопламенное покрытие 40X13	416,6 - 418,2	229,8 - 233,7	17,9 - 14,2	67,0 - 62,0
Сталь 20 + плазменное покрытие ПГ-Сталь 45	418,4 - 419,9	221,8 - 228,4	13,8 - 12,6	66,0 - 63,0
Сталь 20 + плазменное покрытие ПГ-CP3	412,8 - 414,9	215,1 - 226,7	18,9 - 17,7	63,0 - 61,0
Сталь 20 + металлизация У8	407,4 - 411,3	216,4 - 218,5	15,9 - 14,3	69,0 - 66,0

Анализ полученных результатов испытаний при растяжении показывает, что не наблюдается качественного повышения прочностных характеристик образцов как с газотермическими, так и с диффузионными покрытиями. Это можно объяснить различиями в исходном напряженно-деформированном состояниях образцов, разницей в пластических свойствах материала основы и покрытий и различием в механизмах разрушения. Материал основы Сталь 20 обладает большей пластичностью, чем любое из испытываемых покрытий, площадь сечения покрытия составляет не более 12 % всей площади сечения образца и при напряжениях, примерно на порядок меньших предела текучести материала основы, происходит разрушение покрытия. Излом характеризуется типом «чашка – конус». Во внутренних областях сечения «шейки» возникает трехосное растяжение, которое накладывается на внешнее осевое растяжение. При дальнейшем нагружении покрытие не участвует в процессе деформирования, а между покрытием и основой возникают касательные напряжения, превышающие адгезионную прочность материала покрытия и основы. Можно предположить, что в металлах с покрытиями наблюдается переход от вязкого вида разрушения к квази-хрупкому. Замечено [1], что в области условий вязко-хрупкого перехода меняется целый комплекс свойств тела: уменьшается пластичность и поперечное сужение Ψ , увеличивается разброс свойств, проявляется аномальная зависимость характеристических напряжений от температуры и т.д.

К факторам, влияющим на механические свойства нанесенных покрытий [2], можно отнести: структуру основы и покрытия, адгезионную

прочность, наличие микродефектов, пор и включений, величину и характер остаточных напряжений, толщину слоя покрытия и др.

Результаты испытаний показали достаточно хорошую корреляцию с данными других исследователей [3-5] и подтвердили связь между пороговыми прочностными и деформационными характеристиками.

Литература

1. Владимиров, В.И. Физическая природа разрушения металлов / В.И. Владимиров. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
2. Завистовский, В.Э. Твердость и прочность сцепления наплавленного покрытия из сплава ПГ-СР4 на сталь 20 / В.Э. Завистовский, В.И. Моисеенко // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2001. – Т. 6. – № 3. – С. 48 – 51.
3. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова [и др.]. – М.: Наука, 1994. – 383 с.
4. Павлов, П.А. Механические состояния и прочность материалов / П.А. Павлов. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1980. – 176 с.
5. Завистовский, В.Э. Механика разрушения и прочность материалов с покрытиями / В.Э. Завистовский. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 144 с.

УДК 539.3

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

С.Э. Завистовский, В.Э. Завистовский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Одним из способов повышения выносливости коленчатого вала является упрочнение методом поверхностного пластического деформирования галтелей шатунных шеек после восстановления наплавкой. Проведенные исследования по восстановлению изношенных шеек коленчатых валов двигателя Д-240 с последующим упрочнением галтелей выявили значительный резерв повышения усталостной прочности, составляющий 25-30% и более, что подтверждается соответствующим аналитическим расчетом.

С целью повышения усталостной прочности деталей применяют технологические процессы, основанные на изменении физических свойств, химического состава, структуры и напряженного состояния поверхностных слоев материала деталей [1, 2]. Наибольшее распространение получили механические способы упрочнения методом ППД по следующим причинам: простота изготовления, дешевизна, применение практически для всех видов металлов, для деталей любой формы, создание глубины упрочнённого слоя до 20 мм, границы наклёпанной поверхности не являются зонами пониженной прочности, эффективность наклёпа значительно меньше зависит от ре-